

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

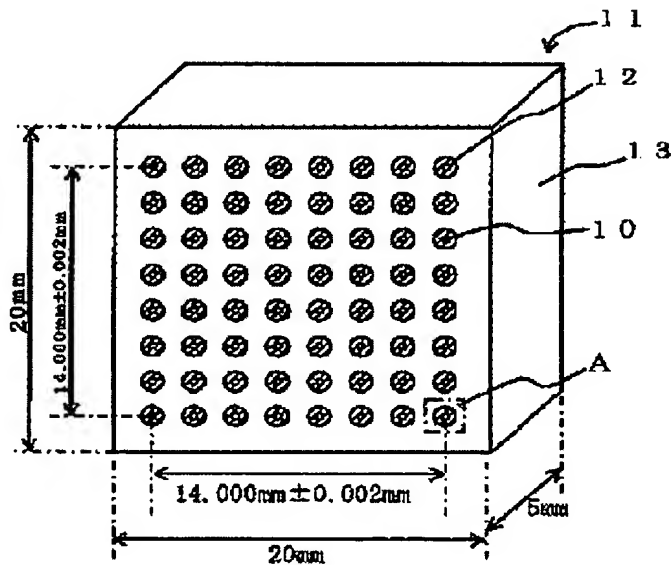
MICROHOLE ARRAY, OPTICAL FIBER ARRAY, LENS ARRAY, OPTICAL FIBER ARRAY SUBSTRATE, LENS ARRAY SUBSTRATE, CONNECTOR, AND METHOD OF MANUFACTURING MICROHOLE ARRAY

Patent number: JP2003107283
Publication date: 2003-04-09
Inventor: SUZUKI TOMIO
Applicant: NGK INSULATORS LTD
Classification:
- International: G02B6/36; G02B6/40
- european:
Application number: JP20020076870 20020319
Priority number(s):

Abstract of JP2003107283

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a microhole array in which holes for inserting or supporting optical components such as optical fibers and lenses are arrayed with excellent positional/dimensional accuracy and narrow pitch and in which a material having a low thermal expansion coefficient is used for the structure.

SOLUTION: The microhole array 11 is equipped with a plurality of holes 10 for the purpose of inserting or supporting optical fibers or lenses. The array is composed of a plurality of tubular parts 12 each of which has the hole 10 and a body base material 13 closely provided on the entirety or a part of the outer circumferential face of the tubular parts 12. The tubular part 12 is formed with resin, while the body base material 13 is formed with ceramics, glass, metal or their compound.



Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2003-107283
(P2003-107283A)

(43) 公開日 平成15年4月9日 (2003.4.9)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード(参考)

G 0 2 B 6/36
6/40

G 0 2 B 6/36
6/40

2 H 0 3 6

審査請求 未請求 請求項の数30 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2002-76870(P2002-76870)

(22) 出願日 平成14年3月19日 (2002.3.19)

(31) 優先権主張番号 特願2001-162148(P2001-162148)

(32) 優先日 平成13年5月30日 (2001.5.30)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願2001-223931(P2001-223931)

(32) 優先日 平成13年7月25日 (2001.7.25)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004064

日本碍子株式会社

愛知県名古屋市長区瑞穂区須田町2番56号

(72) 発明者 鈴木 富雄

愛知県名古屋市長区瑞穂区須田町2番56号 日
本碍子株式会社内

(74) 代理人 100088616

弁理士 渡邊 一平

Fターム(参考) 2H036 JA01 QA12 QA16 QA17 QA18

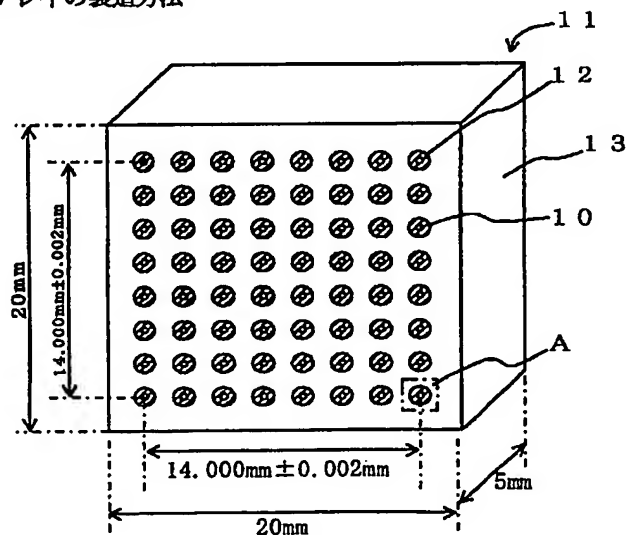
QA19 QA20 QA49 QA59

(54) 【発明の名称】 マイクロホールアレイ、光ファイバアレイ、レンズアレイ、光ファイバアレイ基板、レンズアレイ基板、コネクタ、及びマイクロホールアレイの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 光ファイバ、レンズ等の光学部品を嵌挿又は担持するための孔が極めて優れた位置・寸法精度、及び挟ピッチで配列されているとともに、低熱膨張率である材質により構成されているマイクロホールアレイを提供する。

【解決手段】 光ファイバ又はレンズを嵌挿又は担持するための複数の孔10を備えたマイクロホールアレイ11である。孔10を備えた複数の筒状部12と、筒状部12の外周面の全体又は外周面的一部分に密接に設けられた本体基材13とより構成されており、筒状部12は、樹脂により形成されたものであり、本体基材13は、セラミックス、ガラス、金属、又はこれらの複合物のいずれかにより形成されたものである。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光ファイバ又はレンズを嵌挿又は担持するための複数の孔を備えたマイクロホールアレイであって、

前記孔を備えた複数の筒状部と、前記筒状部の外周面の全体又は前記外周面的一部分に密接に設けられた本体基材とより構成されており、

前記筒状部は、樹脂により形成されたものであり、

前記本体基材は、セラミックス、ガラス、金属、又はこれらの複合物のいずれかにより形成されたものであることを特徴とするマイクロホールアレイ。

【請求項2】 前記筒状部が、前記樹脂に代えて、樹脂と無機充填物とを含む複合材料により形成されたものである請求項1に記載のマイクロホールアレイ。

【請求項3】 前記本体基材を形成するセラミックス、ガラス、金属、又はこれらの複合物の熱膨張係数が、 $12 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ 以下である請求項1又は2に記載のマイクロホールアレイ。

【請求項4】 前記樹脂がエポキシ樹脂であり、前記無機充填物が熱膨張係数 $10 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ 以下のセラミックス又はガラスである請求項2に記載のマイクロホールアレイ。

【請求項5】 熱膨張係数 $10 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ 以下の前記セラミックスが、非晶質シリカである請求項4に記載のマイクロホールアレイ。

【請求項6】 前記非晶質シリカの平均粒径が $20 \mu\text{m}$ 以下である請求項5に記載のマイクロホールアレイ。

【請求項7】 前記筒状部の熱膨張係数が $5 \sim 60 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ である請求項1～6のいずれか一項に記載のマイクロホールアレイ。

【請求項8】 前記筒状部が、樹脂、又は樹脂と無機充填物とを含む複合材料を注型し形成されたものである請求項1～7のいずれか一項に記載のマイクロホールアレイ。

【請求項9】 前記孔が、樹脂、又は樹脂と無機充填物とを含む複合材料を注型及び硬化してなる硬化体が穿設されることにより形成されたものである請求項1～8のいずれか一項に記載のマイクロホールアレイ。

【請求項10】 前記樹脂、又は樹脂と無機充填物とを含む前記複合材料の注型時の粘度が $10 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 以下である請求項8又は9に記載のマイクロホールアレイ。

【請求項11】 前記本体基材を形成するセラミックス、ガラス、金属、又はこれらの複合物が、窒化アルミニウム、ムライト、シリコン、アルミナ、窒化珪素、マイカ、ワラストナイト、炭化珪素、非晶質シリカ、ホウ珪酸ガラス、Eガラス、ソーダライムガラス、ニッケル鋼、タングステン、モリブデン、ステライト、ステンレス鋼、炭素鋼、超硬合金、又はこれらの複合物である請求項1～10のいずれか一項に記載のマイクロホールアレイ。

【請求項12】 前記孔の少なくとも一方の開口面近傍において、前記孔の開口面に向かって前記孔の直径が漸増するテーパ部を有し、

前記テーパ部のテーパ角が $15 \sim 75^{\circ}$ である請求項1～11のいずれか一項に記載のマイクロホールアレイ。

【請求項13】 大径の孔と小径の孔とが、前記テーパ部において接続されている請求項12に記載のマイクロホールアレイ。

【請求項14】 前記本体基材が、複数の板状体を積層してなる積層体であるとともに、前記板状体の積層方向に並行して前記孔を備える請求項1～13のいずれか一項に記載のマイクロホールアレイ。

【請求項15】 前記板状体が配線基板である請求項14に記載のマイクロホールアレイ。

【請求項16】 請求項1～14のいずれか一項に記載のマイクロホールアレイの前記孔に光ファイバを嵌挿してなることを特徴とする光ファイバアレイ。

【請求項17】 請求項1～14のいずれか一項に記載のマイクロホールアレイの前記孔の内部にレンズを担持してなることを特徴とするレンズアレイ。

【請求項18】 請求項1～15のいずれか一項に記載のマイクロホールアレイと、その長手方向の両端面が、前記孔の両開口面と各々同一平面を形成するように前記孔に嵌挿された光ファイバとを備えることを特徴とする光ファイバアレイ基板。

【請求項19】 前記光ファイバの両端面のうち少なくとも一端面に、その凸面を外側に向けて形成されたマイクロレンズを更に備える請求項18に記載の光ファイバアレイ基板。

【請求項20】 樹脂により形成された筒状部材を有する2以上のアライメントホールが、前記孔と並行して前記本体基材に設けられており、前記アライメントホールにアライメントピンが嵌挿されている請求項18又は19に記載の光ファイバアレイ基板。

【請求項21】 請求項15に記載のマイクロホールアレイの前記孔の内部にレンズを担持してなることを特徴とするレンズアレイ基板。

【請求項22】 樹脂により形成された筒状部材を有する2以上のアライメントホールが、前記孔と並行して前記本体基材に設けられており、前記アライメントホールにアライメントピンが嵌挿されている請求項21に記載のレンズアレイ基板。

【請求項23】 ガイドピンを嵌挿するための2以上のガイドホールを備え、光ファイバの端面同士を突き合わせて接続するために用いられるコネクタであって、請求項1～15のいずれか一項に記載のマイクロホールアレイに、前記ガイドホールを備えるとともに樹脂により形成された2以上の筒状部材が、光ファイバを嵌挿するための複数の孔と並行に設けられていることを特徴とす

るコネクタ。

【請求項24】 前記筒状体が、前記樹脂に代えて、樹脂と無機充填物とを含む複合材料により形成されたものである請求項23に記載のコネクタ。

【請求項25】 前記樹脂がエポキシ樹脂であり、前記無機充填物が熱膨張係数 $10 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ 以下のセラミックスである請求項24に記載のコネクタ。

【請求項26】 前記筒状体の熱膨張係数が $5 \sim 60 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ である請求項23～25のいずれか一項に記載のコネクタ。

【請求項27】 前記筒状体が、樹脂、又は樹脂と無機充填物とを含む複合材料を注型し形成されたものである請求項23～26のいずれか一項に記載のコネクタ。

【請求項28】 前記樹脂、又は前記複合材料の注型時の粘度が $10 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 以下である請求項27に記載のコネクタ。

【請求項29】 光ファイバを嵌挿するための複数の孔を備えたマイクロホールアレイの製造方法であって、複数のガイド孔を有する第一金型及び第二金型を、前記ガイド孔の開口面が対向するように配置し、配置された第一金型と第二金型との間に、複数の一次孔を有する本体基材を配置するとともに、第一金型のガイド孔、前記本体基材の一次孔、第二金型のガイド孔へとゲージピンを挿入し、

次いで、第一金型と前記本体基材との間隙に成形材料を流し込むとともに、第二金型と前記本体基材との間隙を減圧することにより、前記ゲージピンと前記一次孔との間隙に前記成形材料を充填し、

充填された前記成形材料を硬化させた後、前記ゲージピンを抜き出すとともに前記本体基材を金型から離型して離型体を得、

得られた前記離型体から余剰の硬化した前記成形材料を除去することを特徴とするマイクロホールアレイの製造方法。

【請求項30】 粘度が $10 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 以下の前記成形材料を流し込む請求項29に記載のマイクロホールアレイの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光ファイバ、レンズ等の光学部品を高精度に整列可能なマイクロホールアレイ、それを用いてなる光ファイバアレイ、レンズアレイ、光ファイバアレイ基板、レンズアレイ基板、及び光ファイバ同士を接続するために用いるコネクタ、並びに前記マイクロホールアレイの製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、光ファイバの高密度化に伴い、平面導波路(PLC)の多心化が進んでいる。そして、多心化に合わせ、導波路素子が大型化するのを避け、更に高密度化を図るため、従来の標準的な導波路ピッチ

($250 \mu\text{m}$)を短縮化(例えば、約半分の $127 \mu\text{m}$)する方向で開発が進められている。そして、このような光ファイバの高密度化、導波路ピッチの短縮化に合わせて、多数の光ファイバを備えた光ファイバアレイのファイバ間ピッチも短縮する方向で開発が進んでいる。

【0003】 前述の光ファイバの高密度化に対応すべく、通常、多数の光ファイバを備えた多心構造の光ファイバアレイや、光ファイバを二次元方向に整列させた二次元光ファイバアレイが用いられる。これらは、光ファイバを極めて高い位置精度で高密度に整列させたものである。

【0004】 光ファイバアレイを用いたシステムの一例として、図12に示す光信号から光信号へと接続するスイッチングシステムがある。これは、光ファイバアレイ1と、この光ファイバアレイに組込まれた光ファイバ2から発した光信号を所定の方向へと反射させるミラーアレイ3とを組み合わせたシステムである。なお、ここで用いられるミラーアレイ3とは、通常、シリコン基板4上に複数の微小な可動式ミラー5が二次元的に配置された光学部品である。

【0005】 前記スイッチングシステムにおいては、光ファイバからの光信号を正確に反射させ、更に光ファイバへ集光させ得る位置関係に、光ファイバアレイ、レンズ及びミラーアレイが配置されている必要がある。なお、ここで用いられる一般的な光ファイバアレイは、一次元方向に光ファイバを整列させた平面状の光ファイバアレイを、複数積層及び固定化することにより作製することができる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、光ファイバ相互の正確な位置関係を保ちつつ、平面状の光ファイバアレイを積層することは極めて困難であり、高度な技術を要する。また、積層後に接着等の操作によって光ファイバアレイ同士を固定化する際にも、接着剤の収縮等の影響によって光ファイバの位置が僅かにずれる恐れもある。従って、このような方法により光ファイバアレイを作製するには、高度な技術と労力が要求されるといった問題点があるとともに、光ファイバアレイ同士を、その内部に整列された光ファイバの端面同士を位置精度良好に突き合わせて接続することも一般的には極めて困難である。

【0007】 位置精度良好に光ファイバを整列させるための1つの方法として、図16に示すように、予めドリル加工等によって光ファイバを嵌挿するための孔

(0.126 mm φ)10を設けてなるマイクロホールアレイ11を作製した後、これに光ファイバを嵌挿することによって光ファイバアレイを作製する方法を挙げることができる。しかし、通常のマイクロホールアレイの孔の位置精度は $\pm 0.002 \text{ mm}$ 以内であることが要求されるが、セラミックス、ガラス、又は低熱膨張金属等

の難加工性材料に対して、ドリル加工等によって前記位置精度を満足する孔を設けることは極めて困難であり、製造コストの面においても好ましい方法とはいえない。

【0008】 一方、例えば孔を形成するための複数のピンが内部に配置された金型等を使用し、これに、例えば樹脂等の材料を流し込むことにより、図16に示す形状を有するマイクロホールアレイ11を一体成形する作製方法を挙げることができる。しかし、通常のマイクロホールアレイの孔の内径寸法の誤差範囲は、 ± 0.001 mm以内であることが要求されるが、この方法により作製されたマイクロホールアレイは、樹脂等の材料が硬化する際に収縮するために孔が楕円形等の形状に変形し易く、特に端部の孔については収縮割合が大きいために、前記誤差範囲に収まる孔とすることが困難な場合がある。

【0009】 また、図12に示すように、光ファイバアレイ1とレンズ6は極めて接近した状態で配置されていることが一般的であるが、稀にスイッチングシステム内部において温度分布を生ずる場合もあり得る。ここで、一般的な樹脂の熱膨張係数は $10 \sim 200$ ppm/ $^{\circ}\text{C}$ 、これにガラスファイバーを始めとする、無機フィラー等を添加した場合でも $10 \sim 60$ ppm/ $^{\circ}\text{C}$ であるのに対し、レンズの熱膨張係数は、約 $7 \sim 10$ ppm/ $^{\circ}\text{C}$ であるため、樹脂等の材料を一体成形することにより得られたマイクロホールアレイを備えたスイッチングシステムにおいては、内部で温度分布を生じた場合には両素材の熱膨張係数の差に起因して光軸がずれ、正確な光信号の伝達が行われなくなることも想定される。

【0010】 一方、近年、プリント配線基板内における処理速度の高速化に伴い、集積回路間の電気回路の一部を光回路に置き換えた、いわゆる光電ハイブリッド配線基板の開発が進展している。この光電ハイブリッド配線基板は、光デバイス及び集積回路等からなる光電変換デバイスと、これに接続され、光や電気信号の伝送を行う光配線・電気配線を有する複合配線基板とより構成されているものであるが、この光電変換デバイスを前記複合配線基板に取り付けるに際しては、光デバイスどうしの光軸合わせや複合配線基板内の光配線との光軸合わせが困難である。また、発光素子や受光素子の二次元アレイ化の開発が進んでおり、これによって光信号の並列伝送化も進展するものと考えられるため、二次元アレイデバイス対応の光電変換デバイスの開発が望まれている。

【0011】 本発明は、このような従来技術の有する問題点を鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、光ファイバ、レンズ等の光学部品を嵌挿又は担持するための孔が極めて優れた位置・寸法精度、及び挟

持されてなるレンズアレイ、光電変換デバイスを配置して用いるために好適な特性を有する光ファイバアレイ基板、光電変換デバイスを配置して用いるために好適な特性を有するマイクロレンズアレイ基板、光ファイバアレイ内部に整列された光ファイバの端面同士を位置精度良好に突き合わせて固定することが可能なコネクタ、及び前記マイクロホールアレイの製造方法を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】 即ち、本発明によれば、光ファイバ又はレンズを嵌挿又は担持するための複数の孔を備えたマイクロホールアレイであって、前記孔を備えた複数の筒状部と、前記筒状部の外周面の全体又は前記外周面の一部に密接に設けられた本体基材とより構成されており、前記筒状部は、樹脂により形成されたものであり、前記本体基材は、セラミックス、ガラス、金属、又はこれらの複合物のいずれかにより形成されたものであることを特徴とするマイクロホールアレイが提供される。

【0013】 本発明においては、筒状部が、樹脂に代えて、樹脂と無機充填物とを含む複合材料により形成されたものであることが好ましく、本体基材を形成するセラミックス、ガラス、金属、又はこれらの複合物の熱膨張係数が、 12 ppm/ $^{\circ}\text{C}$ 以下であることが好ましい。

【0014】 本発明においては、樹脂がエポキシ樹脂であり、無機充填物が熱膨張係数 10 ppm/ $^{\circ}\text{C}$ 以下のセラミックス又はガラスであることが好ましい。

【0015】 本発明においては、熱膨張係数 10 ppm/ $^{\circ}\text{C}$ 以下のセラミックスが、非晶質シリカであることが好ましく、非晶質シリカの平均粒径が $20 \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

【0016】 本発明においては、筒状部の熱膨張係数が $5 \sim 60$ ppm/ $^{\circ}\text{C}$ であることが好ましい。

【0017】 また、本発明においては、筒状部が、樹脂、又は、樹脂と無機充填物とを含む複合材料を注型し形成されたものであることが好ましく、また、孔が、樹脂、又は樹脂と無機充填物とを含む複合材料を注型及び硬化してなる硬化体が穿設されることにより形成されたものであることも好ましい。本発明においては、樹脂、又は樹脂と無機充填物とを含む複合材料の注型時の粘度が $10 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 以下であることが好ましい。

【0018】 更に、本発明においては、本体基材を形成するセラミックス、ガラス、金属、又はこれらの複合物が、窒化アルミニウム、ムライト、シリコン、アルミナ、窒化珪素、マイカ、ワラストナイト、炭化珪素、非晶質シリカ、ホウ珪酸ガラス、Eガラス、ソーダライムガラス、ニッケル鋼、タングステン、モリブデン、ステライト、ステンレス鋼、炭素鋼、超硬合金、又はこれらの複合物であることが好ましい。

【0019】 本発明においては、孔の少なくとも一方

7
の開口面近傍において、孔の開口面に向かって前記孔の直径が漸増するテーパ部を有し、テーパ部のテーパ角が $15 \sim 75^\circ$ であることが好ましく、また、大径の孔と小径の孔とがテーパ部において接続されていることが好ましい。

【0020】 また、本発明においては、本体基材が、複数の板状体を積層してなる積層体であるとともに、板状体の積層方向に並行して孔を備えることが好ましく、板状体が配線基板であることが好ましい。

【0021】 一方、本発明によれば、前述のいずれかのマイクロホールアレイの前記孔に光ファイバを嵌挿してなることを特徴とする光ファイバアレイが提供される。

【0022】 また、本発明によれば、前述のいずれかのマイクロホールアレイの前記孔の内部にレンズが担持されてなることを特徴とするレンズアレイが提供される。

【0023】 更に、本発明によれば、前述のいずれかのマイクロホールアレイと、その長手方向の両端面が、前記孔の両開口面と各々同一平面を形成するように前記孔に嵌挿された光ファイバとを備えることを特徴とする光ファイバアレイ基板が提供される。

【0024】 本発明においては、前記光ファイバの両端面のうち少なくとも一端面に、その凸面を外側に向けて形成されたマイクロレンズを更に備えることが好ましく、樹脂により形成された筒状部材を有する2以上のアライメントホールが、孔と並行して本体基材に設けられており、アライメントホールにアライメントピンが嵌挿されていることが好ましい。

【0025】 また、本発明によれば、前述のいずれかのマイクロホールアレイの前記孔の内部にレンズが担持されてなることを特徴とするレンズアレイ基板が提供される。本発明においては、樹脂により形成された筒状部材を有する2以上のアライメントホールが、孔と並行して本体基材に設けられており、アライメントホールにアライメントピンが嵌挿されていることが好ましい。

【0026】 更に、本発明によれば、ガイドピンを通すための2以上のガイドホールを備え、光ファイバの端面同士を突き合わせて接続するために用いられるコネクタであって、前述のいずれかのマイクロホールアレイに、前記ガイドホールを備えるとともに樹脂により形成された2以上の筒状体が、光ファイバを通すための複数の孔と並行に設けられていることを特徴とするコネクタが提供される。

【0027】 本発明においては、筒状体が、樹脂に代えて、樹脂と無機充填物とを含む複合材料により形成されたものであることが好ましく、更に、樹脂がエポキシ樹脂であり、無機充填物が熱膨張係数 $10 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ 以下のセラミックスであることが好ましい。

【0028】 本発明においては、筒状体の熱膨張係数

が $5 \sim 60 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ であることが好ましい。

【0029】 また、本発明においては、筒状体が、樹脂、又は樹脂と無機充填物とを含む複合材料を注型し形成されたものであることが好ましく、更に、樹脂、又は複合材料の注型時の粘度が $10 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 以下であることが好ましい。

【0030】 更に、本発明によれば、光ファイバを嵌挿するための複数の孔を備えたマイクロホールアレイの製造方法であって、複数のガイド孔を有する第一金型及び第二金型を、前記ガイド孔の開口面が対向するように配置し、配置された第一金型と第二金型との間に、複数の一次孔を有する本体基材を配置するとともに、第一金型のガイド孔、前記本体基材の一次孔、第二金型のガイド孔へとゲージピンを挿入し、次いで、第一金型と前記本体基材との間隙に成形材料を流し込むとともに、第二金型と前記本体基材との間隙を減圧することにより、前記ゲージピンと前記一次孔との間隙に前記成形材料を充填し、充填された前記成形材料を硬化させた後、前記ゲージピンを抜き出すとともに前記本体基材を金型から離型して離型体を得、得られた前記離型体から余剰の硬化した前記成形材料を除去することを特徴とするマイクロホールアレイの製造方法が提供される。

【0031】 本発明においては、粘度が $10 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 以下の成形材料を流し込むことが好ましい。

【0032】

【発明の実施の形態】 以下、本発明の実施の形態について説明するが、本発明は以下の実施の形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で、当業者の通常の知識に基づいて、適宜、設計の変更、改良等が加えられることが理解されるべきである。

【0033】 本発明に係るマイクロホールアレイは、光ファイバ又はレンズを嵌挿又は担持するための孔を備えた複数の筒状部と、筒状部の外周面の全体又は前記外周面の一部分に密接に設けられた本体基材とより構成されており、筒状部は樹脂により形成されたものであり、本体基材はセラミックス、ガラス、金属、又はこれらの複合物のいずれかにより形成されたものである。以下、本発明のマイクロホールアレイについて詳細に説明する。

【0034】 図1は、本発明に係るマイクロホールアレイの一実施形態を模式的に示す斜視図であり、図2は図1のA部拡大図である。光ファイバを嵌挿するための孔10を備えた筒状部12と、この外周面の全体に密接に設けられた本体基材13によって構成された状態を示している。ここで、筒状部12は、樹脂、即ち、適当な条件下において硬化せしめたプラスチックによって形成されている。このような樹脂は成形性が良好、且つ低収縮であるため、この筒状部12は優れた位置精度の孔10を有している。

【0035】 図3～6は、本発明に係るマイクロホー

ルアレイの別の実施形態を示す部分拡大図であり、光ファイバを嵌挿するための孔10を備えた筒状部12と、この外周面の一部分に密接に設けられた本体基材13によって構成された状態を示している。即ち、図1に示すような、孔の開口面が二次元方向に配列されているものに限られず、一次元方向に配列されているものでもよい。更に、複数の本体基材が積層及び固定されてなる図7～9に示すような構造であっても、本発明の効果を奏することができる。

【0036】 また、本発明に係るマイクロホールアレイは、本体基材がセラミックス、ガラス、若しくは金属のいずれかの材質、又はこれらの材質の2種類以上を組み合わせた複合物により形成されている。即ち、例えば樹脂等の材料を一体成形することにより得られたマイクロホールアレイの熱膨張係数（樹脂の熱膨張係数（但し、無機フィラー等を添加した場合）：10～60ppm/℃）に比して、レンズの熱膨張係数（7～10ppm/℃）に近い。従って、スイッチングシステム内部において温度分布を生じた場合であっても、マイクロホールアレイとレンズとの正確な位置関係が維持され、両素材の熱膨張係数の差に起因する光信号の伝達阻害等の不具合は生じ難い。

【0037】 また、本発明においては、筒状部の構成材料が樹脂だけでなく、樹脂と無機充填物とを含む複合材料により形成されたものであることも好ましい。なお、本発明にいう「樹脂と無機充填物とを含む複合材料」とは、適当な条件下において樹脂を硬化せしめたプラスチックをマトリックスとし、この中に無機充填物が分散した状態の複合材料のことを意味する。このような材料構成の複合材料は、より成形性が良好、且つ低収縮であるため、筒状部は優れた位置精度の孔を有している。

【0038】 更に、本発明においては、マイクロホールアレイとレンズとの位置関係を、より正確に維持するといった観点からは、前記本体基材を形成するセラミックス、ガラス、金属、又はこれらの複合物の熱膨張係数は12ppm/℃以下であることが好ましく、10ppm/℃以下であることが更に好ましく、1～10ppm/℃であることが特に好ましい。

【0039】 また、本発明においては、筒状部を構成する複合材料に含まれる樹脂がエポキシ樹脂であり、無機充填物が熱膨張係数10ppm/℃以下の、セラミックス又はガラスであることが好ましい。エポキシ樹脂は化学的に安定であるとともに、成形時に良好な流動性を示すためである。また、熱膨張係数10ppm/℃以下のセラミックス又はガラス、即ち、適度に熱膨張係数が小さいセラミックス又はガラスを用いると、筒状部を形成する複合材料のマトリックスとなるエポキシ樹脂の熱膨張を抑制するために好ましい。具体的には、熱膨張係数が0.5ppm/℃の非晶質シリカ、1.0ppm/

℃のコーディエライト、-8ppm/℃のβ-ユークリプタイト等を好適に用いることができる。なお、セラミックス又はガラスの熱膨張係数の下限値は、材料の入手可能性等の観点から-8ppm/℃前後である。

【0040】 本発明に係るマイクロホールアレイの筒状部のマトリックスとなるプラスチックとしては、エポキシ樹脂、特に主剤であるグリシジルエーテル型エポキシ樹脂を硬化剤で硬化せしめたプラスチック（即ち、エポキシ樹脂硬化物）であることが好ましい。主剤となるグリシジルエーテル型エポキシ樹脂としては、ビスフェノールA型エポキシ樹脂が好適であり、そのエポキシ当量は150～250であることが好ましい。エポキシ当量が150未満では硬化後のプラスチックが硬く、脆くなり過ぎる一方、250超では硬化後のプラスチックが適度な硬度にならず、ガラス転移点Tgも低下するためである。

【0041】 また、本発明においては、前述のグリシジルエーテル型エポキシ樹脂は、ビスフェノールA型エポキシ樹脂及び／又はノボラック型エポキシ樹脂であることが好ましい。ビスフェノールA型エポキシ樹脂のみを主剤として使用し、硬化剤で硬化せしめたプラスチックのガラス転移点Tgは、100～150℃程度となる。Tgを上げる必要がある場合は、ノボラック型エポキシ樹脂を用いることが好ましい。また、ビスフェノールA型エポキシ樹脂とノボラック型エポキシ樹脂を混合して硬化せしめることにより、生成するプラスチックのガラス転移点Tgを所定の範囲内において適宜設定することができる。

【0042】 また、筒状部の孔には光ファイバが嵌挿されるため、この光ファイバへの影響を極力少なくする観点からセラミックスは微粒子状であることが好ましい。具体的には、平均粒径が20μm以下であって、最大粒径が50μm以下であることが好ましく、平均粒径が5μm以下であって、最大粒径が15μm以下であることが更に好ましい。なお、セラミックスの平均粒径の下限としては0.5μm程度であることが好ましい。また、マトリックス中に多量に分散させるためには、粒子形状が球状であることが好ましい。これらの粒径、形状のものが実用化レベルで入手し易いことから、非晶質シリカが最適である。

【0043】 本発明においては、筒状部の熱膨張係数が5～60ppm/℃であることが好ましく、更には、等方的な熱膨張率を示すことが好ましい。即ち、本体基材とのミスマッチもなく、本体基材と筒状部の密着性に優れるとともに、光ファイバを嵌挿するための孔についても高い位置精度が維持されたマイクロホールアレイである。

【0044】 本発明においては、筒状部が樹脂、又は樹脂と無機充填物とを含む複合材料を成型し形成されたものであることが好ましい。成型によって筒状部を形成

するために作業性に優れ、微小形状や複雑形状にも対応できるといったメリットを有する。また、筒状部の孔が、樹脂、又は樹脂と無機充填物とを含む複合材料を注型及び硬化してなる硬化体が穿設されることにより形成されたものであることが好ましい。この硬化体は、セラミックス、ガラス、又は金属等の材質に比して加工性に優れており、精密ドリル等を用いることにより、位置精度よく、容易に加工することができるからである。

【0045】 また、本発明においては、樹脂、又は樹脂と無機充填物を含む複合材料の注型時の粘度が10 Pa・s以下であることが好ましく、8 Pa・s以下であることが更に好ましく、7 Pa・s以下であることが特に好ましい。注型による成形法によって筒状部を形成するためには、樹脂、又は複合材料は注型成形可能な粘度を示すことが重要である。このため、注型時の材料の粘度が10 Pa・sを超えると材料の流動性が充分ではなく、注型成形が困難となる。従って、材料の粘度をこの数値以下とすることにより注型の際に十分な流動性を確保することができる。

【0046】 本発明においては、前記粘度の下限値については特に限定されるものではないが、実質的な製造条件等に鑑みれば0.1 mPa・s以上であればよい。なお、粘度の測定には、コーンプレート型のE型回転粘度計を使用する。この測定方法においては、まず事前に材料と粘度計の接液部を所定の温度としておき、コーンプレート間に被測定液（材料）を約0.5 ml入れる。次に、被測定液が測定治具の温度と平衡になった後（約1分後）、50 rpmで回転し、1分後の値を測定粘度値とするものである。

【0047】 また、本実施形態においては、図10に示すように、孔10の少なくとも一方の開口面近傍において、孔10の開口面に向かって孔10の直径が漸増するテーパ部14を有し、テーパ部14のテーパ角 θ が15°～75°であることが好ましく、更には、図11に示すように、大径の孔と小径の孔とが、テーパ部14において接続されている構造であってもよい。このことにより、孔10への光ファイバの嵌挿が極めて容易になる。

【0048】 なお、本発明にいう「テーパ角」とは、図10において、大径の孔の縁上の任意点Aと、この点から最短である小径の孔の縁上の任意点Bとを結ぶ直線Xと、大径の孔の中心点Cと小径の孔の中心点Dとを結ぶ直線Yとが交叉して形成される角度 θ のことを意味する。また、「中心点」とは、円形の場合は円の中心であり、楕円の場合は長径と短径の交点であり、正四角形及び矩形の場合は2本の対角線の交点を意味する。更に、不定多角形の場合は、この不定多角形を、質量をもつ薄片と仮定した場合における重心を意味する。

【0049】 ここまで述べてきたように、本発明のマイクロホールアレイは、光ファイバ又はレンズを嵌挿又

は担持するための孔の寸法・位置精度が極めて良好であるとともに、樹脂を含む複合材料を使用しながらも、熱膨張係数が小さいといった特徴を有する。そして、このようなマイクロホールアレイを用いてなる本発明の別の側面である光ファイバアレイ及びレンズアレイは、寸法・位置精度が極めて良好な孔に、常法に従って光ファイバが嵌挿され作製されているために、光ファイバ又はレンズが極めて寸法・位置精度よく配列（配置）されている。

【0050】 また、本実施形態の光ファイバアレイは、図12に示すような光信号から光信号へと接続するためのスイッチングシステムに用いた際に、システム内部において温度分布が生じた場合であっても、レンズ6の熱膨張係数と、光ファイバアレイ1を構成する本体基材13の熱膨張係数が近似しているために、光ファイバ2とレンズ6との正確な位置関係が維持され、光信号の正確な伝達が確保される。

【0051】 更に、本発明の更に別の側面は、例えば、その表面上に光デバイス、集積回路等を備えた光電変換デバイス等を配置して用いるのに好適な光ファイバアレイ基板であり、これまで述べてきたいずれかのマイクロホールアレイと、その長手方向の両端面が、貫通孔の両開口面と各々同一平面を形成するように貫通孔に嵌挿された光ファイバとを備えることを特徴とするものである。以下、その詳細について説明する。

【0052】 図17は、本発明に係る光ファイバアレイ基板の一実施形態を模式的に示す斜視図である。光ファイバアレイ基板55は、複数の配線基板71を積層した積層体の所定の位置に、その内部に孔を有するとともに、樹脂、又は樹脂と無機充填物とを含む複合材料によって形成された筒状部12を有するマイクロホールアレイ11を備えており、光ファイバの長手方向の両端面が前述の孔の両開口面と各々同一平面を形成するように、孔の内部に光ファイバ2が嵌挿されることにより構成されている。なお、この光ファイバアレイ基板55の上には、光デバイス40とこれに接続する集積回路43等からなる光電変換デバイスを配置して用いることができる。このとき、光デバイス40の光信号送受信部は、光ファイバ2の長手方向の両端面のうち、一端面に対応する位置関係となるように配置される。更に、この光ファイバアレイ基板55は、光配線基板48、電気配線基板49等の基板の上に配置され、これらの基板と光信号又は電気信号を送受信すべく接続して用いることができる。

【0053】 ここで、本実施形態の光ファイバアレイ基板55を構成するマイクロホールアレイ11の熱膨張係数は3～9 ppm/°C程度であるのに対し、これに配置される光電変換デバイス（光デバイス40、集積回路43等）の熱膨張係数は3～8 ppm/°Cである。即ち、両者の熱膨張係数は近似した値であるため、例えば

集積回路43が過熱状態になった場合であっても、光ファイバ2と光デバイス40の光信号送受信部との正確な位置関係が維持される。従って、光信号の伝達阻害や、光デバイスの剥離、割れ等の不具合が生じ難いといった効果を示す。

【0054】 また、本実施形態の光ファイバアレイ基板55を構成するマイクロホールアレイ11の熱伝導率は15~20W/mK程度であり、例えばガラスファイバと樹脂等からなる配線基板の熱伝導率(0.5W/mK)に比して放熱し易いものである。従って、例えば集積回路43が過熱状態になった場合であっても、光ファイバ2と光デバイス40の光信号送受信部との正確な位置関係が維持される。また、この光ファイバアレイ基板11上に放熱を促すためのヒートシンク等の部材を設置する必要もないため、省スペースに優れ、基板上の構造を簡略化することができる。

【0055】 なお、光ファイバアレイ基板の上に配置される光電変換デバイスを構成する光デバイスの具体例としては、面発光レーザー(vertical cavity surface emitting laser (VCSEL) アレイ、フォトダイオードアレイ、光電変換LSI等を挙げることができ、また、これらの複数を所望の組み合わせで用いることができる。

【0056】 本発明の実施形態においては、光ファイバ40の両端面のうち少なくとも一端面に、その凸面を外側に向けて形成されたマイクロレンズ45を更に備えることが好ましい(図17、18)。光ファイバ2又は光デバイス40から送信された光信号46は、この光信号46の送出箇所を基点として広がりつつ進行する。従って、光ファイバアレイ基板が、例えばシングルモード対応の光ファイバを用いたものである場合、光デバイス40から発信した光信号46を前述の光ファイバ2のコア47(直径=0.01mmφ)に正確に伝達することが困難となる場合がある。しかし、光ファイバ2の端面に、その凸面を外側に向けてマイクロレンズ45を形成することにより、例えばコア47の直径が0.01mmφであるシングルモード対応の光ファイバ2の、前記コア47に正確に光信号46を送信することが可能となる。

【0057】 なお、このマイクロレンズ45は、前述のように光ファイバ2の一端面のみに形成されていてもよいが、より正確な送受信を行うためには両端面に形成されていることが好ましい。また、マイクロレンズ45は光信号を効率的に収束及び透過し得る透明樹脂、具体的にはエポキシ樹脂、アクリル樹脂、及びポリカーボネート等により形成されたものであればよい。マイクロレンズ45の形成方法としては、所定の形状を有する金型を用いる注型法、プレス法等を具体例として挙げることができる。

【0058】 更に、本発明の実施形態においては、樹

脂により形成された筒状部材を有する2以上のアライメントホール60が、マイクロホールアレイ11の孔と並行に設けられており、このアライメントホール60にアライメントピン50が嵌挿されていることが好ましい。アライメントホール60を有する筒状部材65は、樹脂、即ち、適当な条件下において硬化せしめたプラスチックによって形成されており、このような樹脂は成形性が良好、且つ低収縮であるため、アライメントホール60はその位置精度が極めて優れている。また、このように位置精度に優れたアライメントホール60にアライメントピン50を嵌挿し、このアライメントピン50を、下層の複合配線板(光配線基板48、電気配線基板49)に設けられた所定の固定用の貫通孔等まで嵌挿するため、光電変換デバイスの光デバイス40、及び光ファイバ2の光軸と、複合配線板(光配線基板48)の光回路部の光軸とを正確に合わせることができる。

【0059】 更に、光ファイバアレイ基板55を適当な配線基板(光配線基板48)上に配置する際に、この配線基板側にも前記アライメントピン50が嵌挿され得る孔を設けておくことにより、光ファイバ2と配線基板(光配線基板48)との関係、光ファイバ2と光デバイス40等との関係についても位置精度が良好となる。

【0060】 本発明の更に別の側面は、例えば、その表面上に光デバイス、集積回路等を備えた光電変換デバイス等を配置して用いるのに好適なレンズアレイ基板であり、本体基材が、複数の配線基板を積層してなる積層体であるとともに、配線体の積層方向に並行して孔を備えるマイクロホールアレイの孔の内部にレンズが担持されてなることを特徴とするものである。以下、その詳細について説明する。

【0061】 図19は、本発明に係るレンズアレイ基板の一実施形態を模式的に示す斜視図である。レンズアレイ基板70は、複数の配線基板71を積層した積層体の所定の位置に、その内部に孔を有するとともに、樹脂、又は樹脂と無機充填物とを含む複合材料によって形成された筒状部12を有するマイクロホールアレイ11を有しており、この孔の内部にレンズ72が担持されているものである。なお、このレンズアレイ基板70の上には、光デバイス40とこれに接続する集積回路43等からなる光電変換デバイスを配置して用いることができる。このとき、光デバイス40の光信号送受信部は、レンズ72を備えた孔の両端のうち、一端に対応する位置関係となるように配置される。更に、このレンズアレイ基板70は、光配線基板48、電気配線基板49等の基板の上に配置され、これらの基板と光信号又は電気信号を送受信すべく接続して用いることができる。

【0062】 ここで、本実施形態のレンズアレイ基板70を構成するマイクロホールアレイ11の熱膨張係数は3~9ppm/℃程度であるのに対し、これに配置される光電変換デバイス(光デバイス40、集積回路43

等)の熱膨張係数は3~8ppm/℃である。即ち、両者の熱膨張係数は近似した値であるため、例えば集積回路43が過熱状態になった場合であっても、レンズ72が担持された孔の一端と光デバイス40の光信号送受信部との正確な位置関係が維持される。従って、光信号の伝達障害や、光デバイスの剥離、割れ等の不具合が生じ難いといった効果を示す。

【0063】 また、本実施形態のレンズアレイ基板70を構成するマイクロホールアレイ11の熱伝導率は15~20W/mK程度であり、例えばガラスファイバと樹脂等からなる配線基板の熱伝導率(0.5W/mK)に比して放熱し易いものである。従って、例えば集積回路43が過熱状態になった場合であっても、レンズ72が担持された孔の一端と光デバイス40の光信号送受信部との正確な位置関係が維持される。また、このレンズアレイ基板11上に放熱を促すためのヒートシンク等の部材を設置する必要もないため、省スペースに優れ、基板上の構造を簡略化することができる。更に、光電変換デバイスと組み合わせて用いる場合には、別の構成部材としてのレンズアレイを配置する必要がなく、位置合わせの省略や、装置全体の小型化が可能である。

【0064】 なお、光ファイバアレイ基板の上に配置される光電変換デバイスを構成する光デバイスの具体例としては、前述の光ファイバアレイの場合と同様、VCSELアレイ、フォトダイオードアレイ、光電変換LSI等を挙げることができ、また、これらの複数を所望の組み合わせで用いることができる。

【0065】 更に、本実施の形態においては、樹脂により形成された筒状部材を有する2以上のアライメントホール60が、マイクロホールアレイ11の孔と並行に設けられており、このアライメントホール11にアライメントピン50が嵌挿されていることが好ましい。アライメントホール60を有する筒状部材65は、樹脂、即ち、適当な条件下において硬化せしめたプラスチックによって形成されており、このような樹脂は成形性が良好、且つ低収縮であるため、アライメントホール60はその位置精度が極めて優れている。また、このように位置精度に優れたアライメントホール60にアライメントピン50を嵌挿し、このアライメントピン50を、下層の複合配線板(光配線基板48、電気配線基板49)に設けられた所定の固定用の貫通孔等まで嵌挿するため、光電変換デバイスの光デバイス40、及びレンズ72の光軸と、複合配線板(光配線基板48)の光回路部の光軸とを正確に合わせることができる。

【0066】 更に、レンズアレイ基板70を適当な配線基板(光配線基板48)上に配置する際に、この配線基板側にも前記アライメントピン50が嵌挿され得る孔を設けておくことにより、レンズ72が担持された孔の一端と配線基板(光配線基板48)との関係、レンズ72が担持された孔の一端と光デバイス40等との関係に

についても位置精度が良好となる。

【0067】 なお、本発明の光ファイバアレイ基板、及びレンズアレイ基板の、前記筒状部材の構成材料は、樹脂だけでなく、樹脂と無機充填物とを含む複合材料であることも、成形性が良好、且つ低収縮であるために好ましい。また、前記複合材料に含まれる樹脂がエポキシ樹脂であり、無機充填物が熱膨張係数10ppm/℃以下のセラミックスであることが好ましい。エポキシ樹脂は化学的に安定であるとともに、成形時に良好な流動性を示すためである。また、熱膨張係数10ppm/℃以下のセラミックス、即ち、適度に熱膨張係数が小さいセラミックスを用いると、複合材料のマトリックスとなるエポキシ樹脂の熱膨張を抑制することができるために好ましい。具体的には、熱膨張係数が0.5ppm/℃の非晶質シリカ、1.0ppm/℃のコーディエライト、-8ppm/℃のβ-ユークリプタイト等が好適である。なお、セラミックスの熱膨張係数の下限値は、材料の入手可能性等の観点から-8ppm/℃前後である。

【0068】 筒状部材のマトリックスとなる樹脂としては、エポキシ樹脂、特に主剤であるグリシジルエーテル型エポキシ樹脂を硬化剤で硬化せしめたプラスチック(即ち、エポキシ樹脂硬化物)であることが好ましい。主剤となるグリシジルエーテル型エポキシ樹脂としては、ビスフェノールA型エポキシ樹脂が好適であり、そのエポキシ当量は150~250であることが好ましい。エポキシ当量が150未満では硬化後のプラスチックが硬く、脆くなり過ぎる一方、250超では硬化後のプラスチックが適度な硬度にならず、ガラス転移点Tgも低下するためである。

【0069】 また、前述のグリシジルエーテル型エポキシ樹脂は、ビスフェノールA型エポキシ樹脂及び/又はノボラック型エポキシ樹脂であることが好ましい。ビスフェノールA型エポキシ樹脂のみを主剤として使用し、硬化剤で硬化せしめたプラスチックのガラス転移点Tgは、100~150℃程度となる。Tgを上げる必要がある場合は、ノボラック型エポキシ樹脂を用いることが好ましい。また、ビスフェノールA型エポキシ樹脂と前記ノボラック型エポキシ樹脂を混合して硬化せしめることにより、生成するプラスチックのガラス転移点Tgを任意に設定することができる。更に、筒状部材の熱膨張係数が5~60ppm/℃であることが好ましく、更には、等方的な熱膨張率を示すことが好ましい。このことにより、基材と筒状部材との密着性、及びアライメントホールの位置精度が良好となる。

【0070】 また、筒状部材が、前述の樹脂、又は前述の複合材料を注型し形成されたものであることが、作業性向上等の観点から好ましい。更に、前述の樹脂、又は前述の複合材料の注型時の粘度が10Pa・s以下であることが好ましく、8Pa・s以下であることが更に好ましく、7Pa・s以下であることが特に好ましい。

このことにより、注型の際に十分な流動性が確保される点において好ましい。なお、前記粘度の下限値については特に限定されるものではないが、実質的な製造条件等に鑑みれば $0.1 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ 以上であればよい。

【0071】 また、本発明の更に別の側面は、ガイドピンを嵌挿するための2以上のガイドホールを備え、光ファイバの端面同士を突き合わせて接続するために用いられるコネクタであり、上述してきたマイクロホールアレイに、樹脂により形成された筒状体が外周面に密接して形成されてなる2以上のガイドホールが、光ファイバを嵌挿するための複数の孔と並行に設けられていることを特徴とする。

【0072】 図13は、本発明に係るコネクタの一実施形態を模式的に示す斜視図であり、光ファイバを嵌挿するための複数の孔10、及び、ガイドピンを嵌挿するための2つのガイドホール30を備えた筒状体31が、互いに並行となるように設けられている状態を示している。

【0073】 ガイドホール30を内部に備えた筒状体31は、樹脂、即ち、適当な条件下において硬化せしめたプラスチックによって形成されており、このような樹脂は成形性が良好、且つ低収縮であるため、ガイドホール30はその位置精度が極めて優れている。従って、光ファイバアレイ同士を接続するに際して、光ファイバの内部に整列された光ファイバの端面同士を位置精度良好に突き合わせて固定することが可能である。

【0074】 なお、図13においては光ファイバを嵌挿するための孔10の開口面が二次元方向に配置された状態を示しているが、本実施形態のコネクタにおいてはこのような実施形態に限定されず、孔が単に一次元方向に配置された状態であってもよい。

【0075】 本発明においては、筒状体の構成材料が、樹脂だけでなく、樹脂と無機充填物とを含む複合材料により形成されたものであることも好ましい。このような材料構成を有する複合材料は、より成形性が良好、且つ低収縮であるため、例えば図13に示すコネクタ32のガイドホール30は、極めて位置精度に優れている。

【0076】 また、本発明においては、ガイドホールを内部に備えた筒状体を構成する複合材料に含まれる樹脂がエポキシ樹脂であり、無機充填物が熱膨張係数 $10 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ 以下のセラミックスであることが好ましい。エポキシ樹脂は化学的に安定であるとともに、成形時に良好な流動性を示すためである。また、熱膨張係数 $10 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ 以下のセラミックス、即ち、適度に熱膨張係数が小さいセラミックスを用いると、筒状体を形成する複合材料のマトリックスとなるエポキシ樹脂の熱膨張を抑制するために好ましい。具体的には、熱膨張係数が $0.5 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ の非晶質シリカ、 $1.0 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ のコーディエライト、 $-8 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ の β -ユークリプタ

イト等を好適に用いることができる。なお、セラミックスの熱膨張係数の下限値は、材料の入手可能性等の観点から $-8 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ 前後である。

【0077】 本発明に係るコネクタのガイドホールを内部に備えた筒状体のマトリックスとなるプラスチックとしては、エポキシ樹脂、特に主剤であるグリシジルエーテル型エポキシ樹脂を硬化剤で硬化せしめたプラスチック（即ち、エポキシ樹脂硬化物）であることが好ましい。主剤となるグリシジルエーテル型エポキシ樹脂としては、ビスフェノールA型エポキシ樹脂が好適であり、そのエポキシ当量は $150 \sim 250$ であることが好ましい。エポキシ当量が 150 未満では硬化後のプラスチックが硬く、脆くなり過ぎる一方、 250 超では硬化後のプラスチックが適度な硬度にならず、ガラス転移点 T_g も低下するためである。

【0078】 また、本発明においては、前述のグリシジルエーテル型エポキシ樹脂は、ビスフェノールA型エポキシ樹脂及び／又はノボラック型エポキシ樹脂であることが好ましい。ビスフェノールA型エポキシ樹脂のみを主剤として使用し、硬化剤で硬化せしめたプラスチックのガラス転移点 T_g は、 $100 \sim 150^{\circ}\text{C}$ 程度となる。 T_g を上げる必要がある場合は、ノボラック型エポキシ樹脂を用いることが好ましい。また、ビスフェノールA型エポキシ樹脂とノボラック型エポキシ樹脂を混合して硬化せしめることにより、生成するプラスチックのガラス転移点 T_g を所定の範囲内において適宜設定することができる。

【0079】 本発明においては、ガイドホールを内部に備えた筒状体の熱膨張係数が $5 \sim 60 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ であることが好ましく、更には、等方的な熱膨張率を示すことが好ましい。即ち、本体基材とのミスマッチもなく、本体基材と筒状体の密着性に優れるとともに、ガイドホールの位置精度が良好であるため、光ファイバの端面同士を位置精度よく突き合わせて接続することが可能なコネクタである。

【0080】 また、本発明においては、筒状体が樹脂、又は、樹脂と無機充填物とを含む複合材料を注型し形成されたものであることが好ましい。注型によって筒状体を形成するために作業性に優れ、微小形状や複雑形状にも対応できるといったメリットを有する。

【0081】 更に、本発明においては、樹脂、又は樹脂と無機充填物とを含む複合材料の注型時の粘度が $10 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 以下であることが好ましく、 $8 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 以下であることが更に好ましく、 $7 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 以下であることが特に好ましい。注型による成形法によって筒状体を形成するためには、樹脂、又は複合材料は注型成形可能な粘度を示すことが重要である。このため、注型時の材料の粘度が $10 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ を超えると材料の流動性が充分ではなく、注型成形が困難となる。従って、材料の粘度をこの数値以下とすることにより注型の際に十分な流動性を

確保することができる。

【0082】 本発明においては、前記粘度の下限値については特に限定されるものではないが、実質的な製造条件等に鑑みれば $0.1\text{ mPa}\cdot\text{s}$ 以上であればよい。

【0083】 次に、本発明に係るマイクロホールアレイの製造方法について、図面にに基づき説明する。図14は、本発明に係るマイクロホールアレイの製造方法の一実施形態を示す説明図である。まず、複数のガイド孔（図示せず）を有する第一金型21及び第二金型23を、ガイドピンを挿入する孔の開口面が対向するように配置し、第一金型21と第二金型23との間に、複数の一次孔20を有する本体基材13を配置する（図14（a）、（b））。

【0084】 次に、第一金型21のガイド孔、本体基材13の一次孔、第二金型23のガイド孔へとゲージピン22を挿入し、第一金型21と本体基材13との間隙に成形材料24を流し込むとともに、第二金型23と本体基材13との間隙を減圧することによって、ゲージピン22と一次孔との間隙に成形材料24を充填する（図14（b）、（c））。なお、図14（c）は図14（b）のP-P切断面である。次いで、充填された成形材料24を適当な条件下で硬化させた後、ゲージピン22を抜き出すとともに本体基材13を金型から離型して離型体26を得（図14（d））、その離型体26から余剰の硬化した成形材料27を除去することにより、本実施形態のマイクロホールアレイ11を製造することができる（図14（e））。

【0085】 また、前述の孔を形成するに際しては、本体基材の一次孔に樹脂、又は樹脂と無機充填物とを含む複合材料を注型し、これを硬化させて硬化体とし、この硬化体を穿設することにより行ってもよい。この硬化体は、セラミックス、ガラス、又は金属等の材質に比して加工性に優れているため、精密ドリル等を用いることにより、位置精度良好な孔を穿設することができる。

【0086】 本体基材の材質はセラミックス、ガラス、若しくは金属のいずれかの材質、又はこれらの材質の2種類以上を組み合わせた複合物である。更に、本発明においては、セラミックス、ガラス、金属、又はこれらの複合物が窒化アルミニウム、ムライト、シリコン、アルミナ、窒化珪素、マイカ、ワラストナイト、炭化珪素、非晶質シリカ、ホウ珪酸ガラス、Eガラス、ソーダライムガラス、ニッケル鋼、タングステン、モリブデン、ステライト、ステンレス鋼、炭素鋼、超合金、又はこれらの複合物であることが好ましく、窒化アルミニウムとしては、窒化アルミニウム系マシナブルセラミックスも好ましい。また、前述のニッケル鋼にはコバルト、インバーが含まれる。これらは熱膨張係数が低く、また、ドリル加工等によって孔加工ができるためである。

【0087】 まず図14（a）に示すように、本体基

材13に、所定のサイズ及び配列間隔で穿孔して一次孔20を設ける。なお、本体基材がセラミックス製である場合は焼成前に穿孔することが好ましい。このときの穿孔は定法に従って行えばよく、ドリル加工等の方法によって設ければよい。なお、光ファイバを嵌挿するための孔の径に比して、大きな径の一次孔とする。具体的には、所望とする孔の径に比して1.2～10倍、及び、所望とする孔のピッチの $3/4\sim 1/4$ の径の一次孔とすればよい。このとき、光ファイバを嵌挿するための孔に実質的に要求される $\pm 0.001\text{ mm}$ 以内の位置・寸法精度が、一次孔において達成されている必要性はなく、概ね $\pm 0.05\text{ mm}$ 以内の位置・寸法精度で設けられていればよい。

【0088】 また、一次孔の形状は円形に限定されず、楕円形、角形等であってもよい。更に、一次孔は前述の如くドリル加工等の穿孔によって設けられたものに限定されず、例えば所定の材質からなる基板に適当な間隔、深さ、及び形状の溝部を設け、この溝部が形成された面と、平面部を有する別の部材のこの平面部とを当接することにより、一次孔を形成してもよい。このように形成された一次孔を有する本体基材を使用することにより、図3～6に示すような構造のマイクロホールアレイ11を製造することができる。

【0089】 次に、図14（b）に示すように、所定のサイズ及び配列間隔で穿孔された孔（図示せず）を有する第一金型21、及び第二金型23を、孔が設けられた面が対向するように配置し、これらの間に前述の一次孔を有する本体基材13を配置する。配置後、所定の寸法精度を満足するゲージピン22を、第一金型21の孔、本体基材13の一次孔、第二金型23の孔へと通す。このとき用いるゲージピン22の寸法精度、及び各金型の孔の位置・寸法精度は、光ファイバを嵌挿するための孔の位置・寸法精度に反映されるため、 $\pm 0.0005\text{ mm}$ 以内の位置・寸法精度を満足する必要がある。なお、ゲージピン22の径は、各金型の一次孔の径に比して小であることはいうまでもなく、一次孔の径はゲージピンの径の1.2～10倍であればよい。

【0090】 次いで、図14（b）の上方から、第一金型21と本体基材13との間隙に、樹脂、又は樹脂と無機充填物との混合物、及びその他硬化剤をはじめとする適当な添加剤を含有する成形材料を、ゲージピン22と一次孔との間に充填されるように流し込む。なお、成形材料を流し込む際には、一次孔内部にガスが残存することを防止するべく、第二金型23と本体基材13の間隙を吸引し、適当な減圧状態とする（図14（c））。更に、成形材料の粘度が高い場合には成形材料を加圧することも好ましい。

【0091】 なお、成形材料はその後、成形材料中の樹脂を硬化させてプラスチックとすることにより筒状部を形成する。第一金型21と第二金型23、及びゲージ

ピン22を取り除くことにより、図14(d)に示す離型体26とし、これを研磨等することによって余剰の硬化した成形材料27を除去して、図1に示す本実施形態のマイクロホールアレイ11を作製することができる。

【0092】 本発明に係るマイクロホールアレイの製造方法においては、粘度が10Pa・s以下の成形材料を流し込むことが好ましく、8Pa・s以下の成形材料を流し込むことが更に好ましく、7Pa・s以下の成形材料を流し込むことが特に好ましい。所定の型に成形材料を流し込む、いわゆる注型による成形法によって筒状部を形成するためには、樹脂、又は複合材料は注型成形可能な粘度を示すことが重要である。このため、注型時の成形材料の粘度が10Pa・sを超えると成形材料の流動性が充分ではなく、注型成形が困難となる。従って、成形材料の粘度をこの数値以下とすることにより注型の際に十分な流動性を確保することができる。

【0093】 本発明においては、前記粘度の下限値については特に限定されるものではないが、実質的な製造条件等に鑑みれば0.1mPa・s以上であればよい。

【0094】 なお、注型により筒状部を形成するに際し、樹脂を硬化せしめる硬化剤も、注型時の流動性が高く、硬化反応が比較的遅く、且つ溶剤を含有しない硬化剤であることが好ましい。このような条件を満たす硬化剤としては、例えば無水フタル酸、テトラヒドロメチル無水フタル酸、ヘキサヒドロ無水フタル酸、無水トリメリット酸、無水メチルナジック酸、テルペン系酸無水物等の酸無水物が挙げられる。なお、主剤、硬化剤、無機充填剤以外にも、硬化促進剤、カップリング剤、難燃剤等を、必要に応じて適宜添加することができる。

【0095】 なお、図10、11に示すような構造、即ち、テーパ部14を有するマイクロホールアレイを製造するためには、例えば、前述の製造方法により得られた図1に示すような構造のマイクロホールアレイ11の筒状部12をドリル加工や砥石加工する方法、又は、通常のゲージピンではなく、段付テーパピン等を使用した、成形材料を硬化させる段階でテーパ部を形成する方法等が好適に採用される。

【0096】 一方、本発明のコネクタは、上述してきた本発明のマイクロホールアレイの製造方法に準じて製造することができる。即ち、複数の一次孔に加えて、ガイドホールを形成するための2以上の一次孔を有する本

体基材と、これに対応する金型を用いればよい。ここでいう、ガイドホールを形成するための2以上の一次孔の径は、所望とするガイドホールの径に比して1.2~10倍であればよく、概ね±0.05mm以内の位置・寸法精度で設けられていればよい。

【0097】

【実施例】 以下、本発明を実施例に基づいて更に具体的に説明する。

(実施例1) 窒化アルミニウム製の本体基材(熱膨張係数:3ppm/℃、20mm×20mm×5mm)を用意し、図15に示すように、ドリル加工によって0.6mmφの一次孔20を計64個設けた。次に、図14(b)に示すように所定のサイズ及び配列間隔で穿孔(ワイヤー放電加工)された孔(図示せず)を有する第一及び第二金型(材質:インバー、熱膨張係数:3ppm/℃)21、23を、孔が設けられた面が対向するように配置し、これらの間に前述の一次孔を有する本体基材13を配置した。配置後、ゲージピン22(0.126mmφ±0.0005mm)を、第一金型21の孔、本体基材13の一次孔、第二金型23の孔へと通した。

【0098】 樹脂としてビスフェノールA型エポキシ樹脂を100重量部、硬化剤として脂環式酸無水物を110重量部、硬化促進剤としてイミダゾールを0.5重量部、平均粒径1μmの球状の非晶質シリカを320重量部、アミノ系シランカップリング剤を1重量部、難燃化剤としてヘキサブロモベンゼンを95重量部とし、それぞれを攪拌羽根式混合機に投入し、80℃にて混合した。この混合物(成形材料)を第一金型21と本体基材13との間隙に適当な減圧条件下で流し込み、注型した。

【0099】 その後、80℃で3時間、次いで130℃で12時間加熱して樹脂を硬化させた。冷却後、ゲージピン22を抜き取るとともに第一金型21、第二金型23から本体基材13を取り出し(図14(c))、余剰の成形材料及びを除去することにより、マイクロホールアレイ11を作製した(図14(e))。得られたマイクロホールアレイ11の寸法、各種物性値を表1に示す。

【0100】

【表1】

孔の配置	8×8(個)
孔のピッチ	1.25mm×1.25mm±0.002mm
孔径	0.126mm±0.001mm
熱膨張係数	3ppm/℃

【0101】 表1に示す通り、本発明のマイクロホールアレイは、光ファイバを嵌挿するための孔が極めて位置・寸法精度よく配列されていることを確認することができた。

【0102】

【発明の効果】 以上説明したように、本発明のマイクロホールアレイは、所定の材料により形成された筒状部と、低熱膨張率のセラミックス等により形成された本体

基材により構成されているために、光ファイバを嵌挿するための孔が極めて優れた位置・寸法精度で配列されている。また、本発明の光ファイバアレイは、前記マイクロホールアレイに光ファイバを嵌挿して作製されているために、光ファイバが極めて位置・寸法精度よく配列されている。また、低熱膨張率の材質によって構成されているために、光信号から光信号へと接続するスイッチングシステムに組み込み、このシステム内部において温度分布が生じた場合であっても、光信号の正確な伝達が確保される。

【0103】 また、本発明のレンズアレイは、前記マイクロホールアレイの孔の内部にレンズが担持されているものであるために、光信号から光信号へと接続するスイッチングシステムに組み込み、このシステム内部において温度分布が生じた場合であっても、光信号の正確な伝達が確保される。更に、本発明の光ファイバアレイ基板は、前記マイクロホールアレイと、このマイクロホールアレイの孔に、所定の構成となるように嵌挿された光ファイバとを備えるものであるため、これに光電変換デバイスを配置して用いた場合に光信号の伝達阻害等が起こり難く、正確な光信号の送受信等が可能である。

【0104】 また、本発明のレンズアレイ基板は、所定のマイクロホールアレイの孔の内部にレンズが担持されているものであるため、これに光電変換デバイスを配置して用いた場合に、別の構成部材としてのレンズアレイを配置する必要がなく、位置合わせの省略や、装置全体の小型化が可能である。

【0105】 更に、本発明のコネクタは、前記マイクロホールアレイに、ガイドホールを備えるとともに所定の材料により形成された筒状体が光ファイバを嵌挿するための複数の孔と並行に設けられているために、ガイドホールが極めて優れた位置・寸法精度で配列されており、光ファイバの端面同士を位置精度良好に突き合わせ固定することが可能である。また、本発明のマイクロホールアレイの製造方法によれば、前述の光ファイバを嵌挿するための孔が極めて優れた位置・寸法精度で配列されたマイクロホールアレイを、簡便、且つ低コストで製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係るマイクロホールアレイの一実施形態を模式的に示す斜視図である。

【図2】 図1のA部拡大図である。

【図3】 本発明に係るマイクロホールアレイの別の実施形態を示す部分拡大図である。

【図4】 本発明に係るマイクロホールアレイの更に別の実施形態を示す部分拡大図である。

【図5】 本発明に係るマイクロホールアレイの更に別

の実施形態を示す部分拡大図である。

【図6】 本発明に係るマイクロホールアレイの更に別の実施形態を示す部分拡大図である。

【図7】 本発明に係るマイクロホールアレイの更に別の実施形態を示す部分拡大図である。

【図8】 本発明に係るマイクロホールアレイの更に別の実施形態を示す部分拡大図である。

【図9】 本発明に係るマイクロホールアレイの更に別の実施形態を示す部分拡大図である。

10 【図10】 本発明に係るマイクロホールアレイの更に別の実施形態を示す部分拡大図である。

【図11】 本発明に係るマイクロホールアレイの更に別の実施形態を示す部分拡大図である。

【図12】 光信号から光信号へと接続するスイッチングシステムを説明する模式図である。

【図13】 本発明に係るコネクタの一実施形態を模式的に示す斜視図である。

【図14】 本発明に係るマイクロホールアレイの製造方法の一実施形態を示す説明図である。

20 【図15】 本体基材の一実施形態を模式的に示す斜視図である。

【図16】 従来のマイクロホールアレイの一実施形態を模式的に示す斜視図である。

【図17】 本発明に係る光ファイバアレイと、光電変換デバイスとを組み合わせた一実施形態を模式的に示す斜視図である。

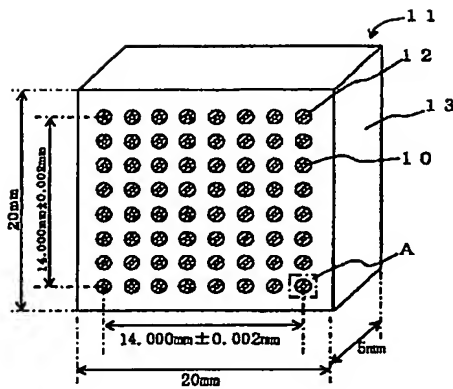
【図18】 本発明に係る光ファイバアレイと、光デバイスとの接続部付近を模式的に示す部分拡大図である。

30 【図19】 本発明に係るレンズアレイと、光電変換デバイスとを組み合わせた一実施形態を模式的に示す斜視図である。

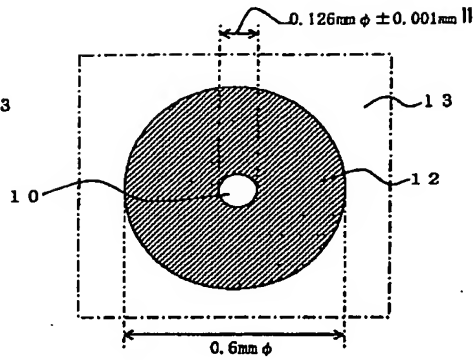
【符号の説明】

1…光ファイバアレイ、2…光ファイバ、3…ミラーアレイ、4…シリコン基板、5…可動式ミラー、6…レンズ、10…孔、11…マイクロホールアレイ、12…筒状部、13…本体基材、14…テーパ部、20…一次孔、21…第一金型、22…ゲージピン、23…第二金型、24…成形材料、25…ディスペンサー、26…離型体、27…硬化した成形材料、30…ガイドホール、31…筒状体、32…コネクタ、40…光デバイス、42…光信号送受信部、43…集積回路、45…マイクロレンズ、46…光信号、47…コア、48…光配線基板、49…電気配線基板、50…アライメントピン、55…光ファイバアレイ基板、60…アライメントホール、65…筒状部材、70…レンズアレイ基板、71…配線基板、72…レンズ。

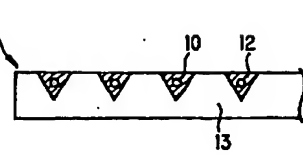
【図1】



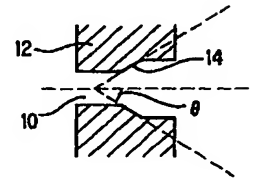
【図2】



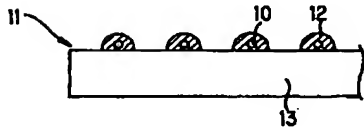
【図3】



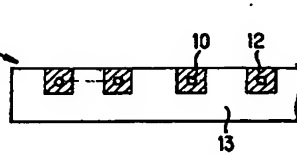
【図11】



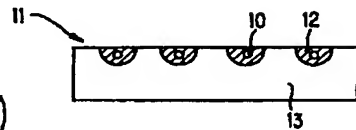
【図4】



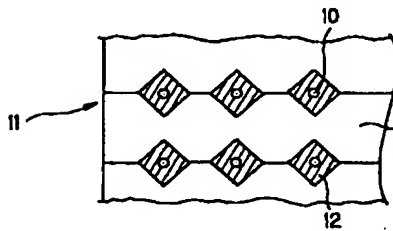
【図5】



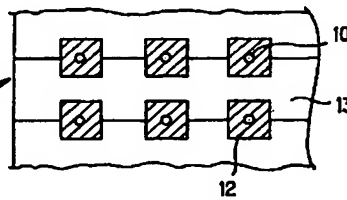
【図6】



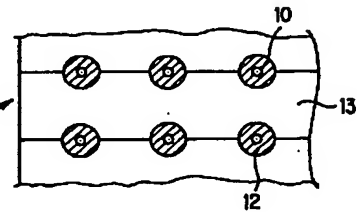
【図7】



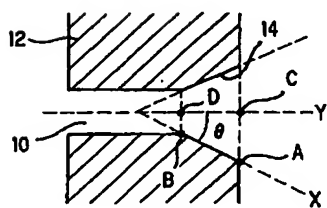
【図8】



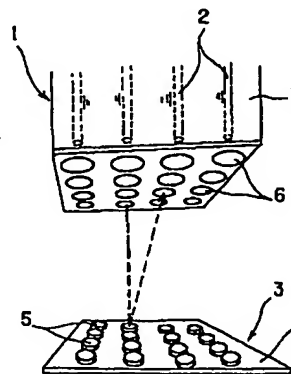
【図9】



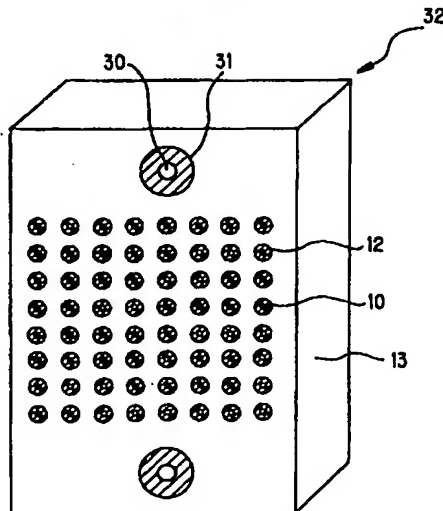
【図10】



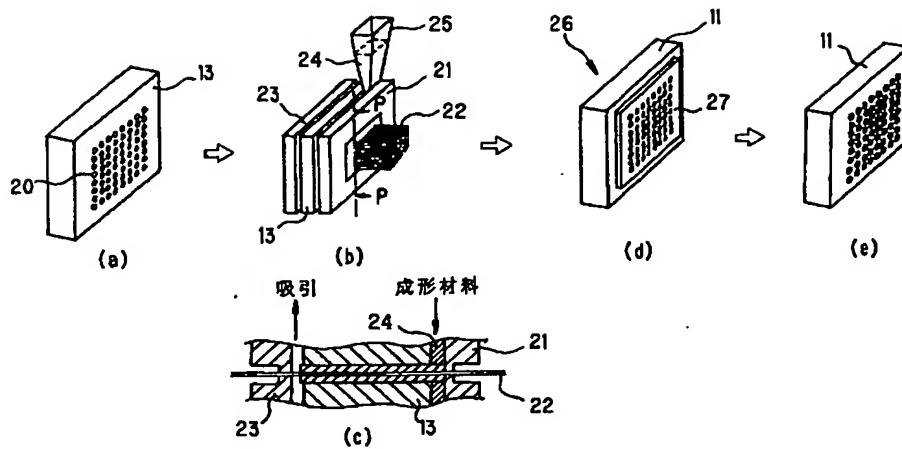
【図12】



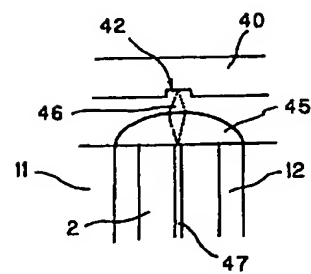
【図13】



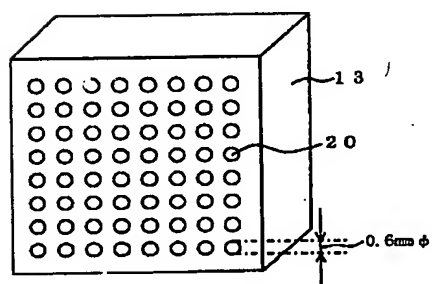
【図14】



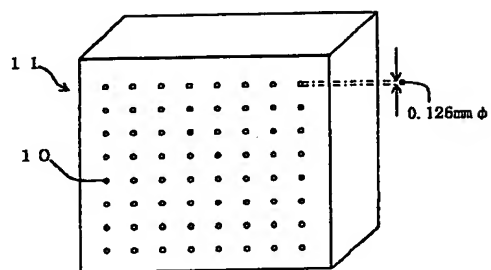
【図18】



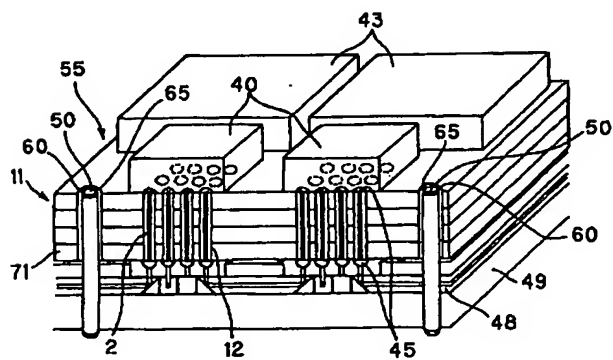
【図15】



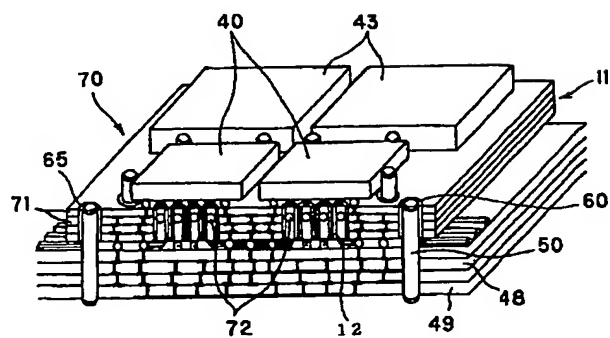
【図16】



【図17】



【図19】



2次元配列型MTコネクタ

通信部品事業部 太田 達雄¹⁾・至田 智史²⁾
瀬澤 和宏³⁾・西村 顯人³⁾
有川 徹³⁾・佐々木 廣博³⁾

Two Dimensional Array MT Connector

T. Ohta, S. Shida, K. Takazawa,
A. Nishimura, T. Arikawa & Y. Tanaki

Recent developments in parallel optical interconnection technologies and high capacity ATM switches has led to the development of a high fiber count MT type connector with two dimensional fiber arrangement in a connector. Fiber counts of up to 60 (12x5) has been developed for the standard size MT connector. In addition, an 80-fiber (16x5) array connector was also developed based on the 16-fiber MT. Average connection loss of less than 0.3dB for single-mode fibers was obtained for the 60-fiber MT with the use of index matching materials. Connection loss changes of less than 0.2dB were also achieved during temperature cycling and durability tests. The 2-dimensional array MT can also be adapted for other MT configurations such as the multi-fiber push-on/pull-off (MPO/MPPX) and back plane type connectors.

1. ま え が き

大規模な光加入者基通信網の拡大による光ファイバケーブルの多心化・高密度化にともない、多心コネクタによる接続の一括化が不可欠となっている。現在、光アクトス系のケーブル接続にMTコネクタを5個単位で一括接続する、5連一括接続技術が実用化されているが、さらに小型化・多心化した高密度実装技術が求められている。

また、近年、マルチメディアの急速な進展にともない、大容量交換機や並列コンピュータなどの情報処理装置において、高密度配線、高スループットが必須の事項となり、光インテグレーション技術の研究がさかんに行われている。その中で、並列光インテグレーションモジュール内の光コネクタの高密度化、小型化、低損失化の要求が高まっている。

今回、これらの要求に対応する光コネクタとして、従来のMTコネクタの形状および寸法を変更することなく、さらなる高密度実装を実現するため、光ファイバを2次元配列し高密度に実装可能な多心光コネクタを開発したので、その構造および特性について報告する。

2. MTコネクタの構造

MTコネクタ¹⁾は、図1に示すように、2本のガイドピンによりフェルネル内の光ファイバを精密位置決めして突き

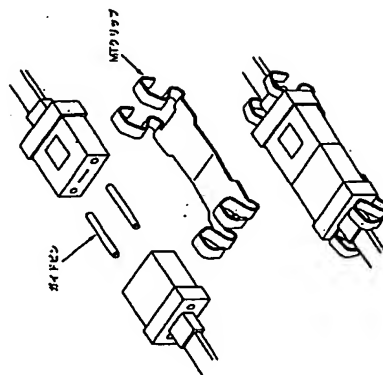


図1 MTコネクタの構造
Structure of MT connector

合わせ、クリップで一定の押し圧をかけることにより、安定した接続状態を確保する構造になっている。MTフェルネルの断面とその内容を表1に示す。小型MTフェルネルは、結合面がW4.4×H2.5(mm)で、最大4心のファイバを収容することができる。現在、ファイバピッチ0.75mmの小型2心フェルネルが、MT-RJコネクタ専用(図2)、および、Mini-MPOコネクタ専用(図3)として実用化されており、今後ますますの需要が見込まれている。4心、8心の

¹⁾ 標準型
²⁾ 標準型改良
³⁾ 改良型開発中

表1 MTコネクタフェルネル
Types of MT connector ferrule

フェルネル種類	小型MT	MT (US C 6981)	16MT	2次元配列型MT
外形				
心数	1, 2, 4	2, 4, 8, 12	16	16, 24, 60, 80
結合面断面形状 (mm×mm)	4.4×2.5	6.4×2.5	8.4×2.5	6.4×2.5 *8.4×2.5
適用コネクタ	Mini-MT Mini-MPO MT-RJ	MT MPO(MTP) MT-SP	MT MPO(MTP) MT-SP	MT MPO(MTP) MT-SP

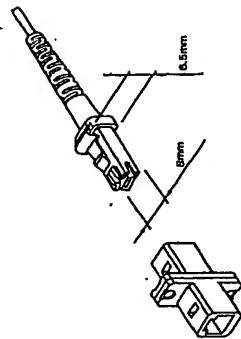


図2 MT-RJコネクタ
MT-RJ connector

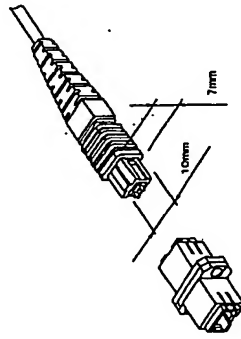


図3 Mini-MPOコネクタ
Mini-MPO connector

用途で使用されている通常のMTフェルネルには、1次元配列で最大12心まで実装することができる。また、16MTフェルネル²⁾は通常のMTフェルネルの幅寸法を2mm拡大し、結合面をW8.4×H2.5(mm)とすることにより、0.25mmピッチの1次元配列で16心の一括接続が可能としている。

一方、2次元配列型MTフェルネルは、ファイバを水平および垂直方向に0.25mmピッチの等間隔で配列することにより、通常のMTフェルネル (W6.4×H2.5) に最大60

心のファイバを収容することができる。これは同時に、MPOコネクタ³⁾(図4)および、MPOバックプレーンコネクタ³⁾(図5)形態で、12×5心(チャネルメ)まで対応可能なことを発表している。今回発表は16心(8×2)、24心(12×2)、60心(12×5)MTコネクタ、および90心(16×5)コネクタの開発をし、評価を行った。ファイバの配列は、それぞれ以下のとおりである(図6)。

(1) 16MT: ガイドピン中心線上に8心、垂直方向に0.25mmピッチでさらに8心配列

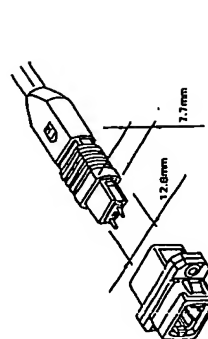


図4 MPOコネクタ
MPO connector

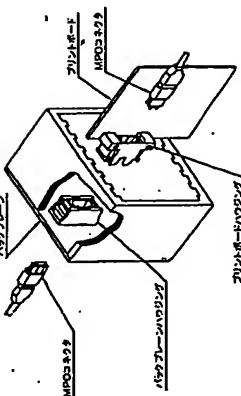


図5 MPOバックプレーンコネクタ
Structure of MPO back-plane connector

- (2) 24MT: ガイド穴中心線と対称に0.5mmピッチで12心ファイバを2段配列
- (3) 60MT: 垂直方向に0.25mmピッチで12心ファイバを5段配列
- (4) 80MT: W8.4×12.5の結合端面に16心ファイバを0.25mmピッチで5段配列

3. ファイバ実装密度

多心の高密度一括接続技術として、16心タープ5本を直線上に配列する方法や、図7のように16心コネクタを多段に積み重ねることが可能なハウジングを用いて、プッシュオン・プルオフ型で着脱する方法などが提案されている。

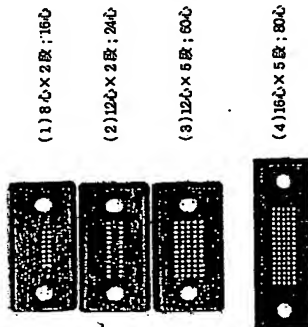


図6 2次元配列型MTコネクタの結合端面
End face of two dimensional array MT connector

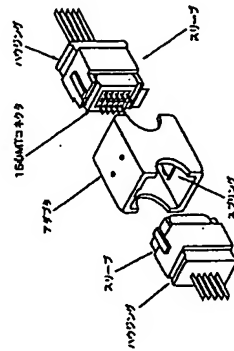


図7 積層型MTコネクタの構造
Structure of push-on stack type MT connector

表2 光ファイバ実装密度

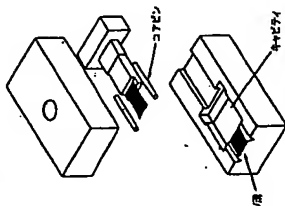
種類	心数	Optical fiber count and connection density				
		小型2心	12MT	16MT	24MT	2次元配列型MT
心数	2	12	16	16	24	60
外形寸法(W×H(mm))	4.4×2.6	8.4×2.6	8.4×2.6	8.4×2.6	8.4×2.6	8.4×2.6
ファイバ実装密度(心/cm ²)	18	75	75	100	150	375

図9 2次元配列型MTフェルネル構造
Structure of two dimensional array MT ferrule

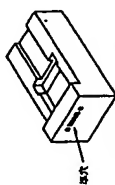
表2に各種MTフェルネルのファイバ実装密度の比較を示す。2次元配列型では16心(8×2)の場合、1次元16MTの1.3倍の実装密度となる。さらに60心、80心コネクタは、1次元MTフェルネル実装の10心コネクタと比較して5倍の実装密度を実現している。

4. 構造および製造方法

MTコネクタは、図8に示す金型構造によりトランスファ成形または射出成形により製造される。通常、1次元配列のMTフェルネルは、図8(a)のようにキャビティ内に



(a) V溝タイプ金型
Structure of V-groove type mold



(b) 貫通穴タイプ金型
Structure of hole type mold

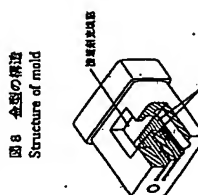


図8 金型の構造
Structure of mold

方に設置されているV溝によりコアピンを位置決め固定し、成形されるが、今回の2次元配列型フェルネルは、図8(b)に示すように、位置決め用の穴加工をほとんどした部品を用いてコアピンを位置決めする方式(以下、基準穴方式)により成形を行った。この基準穴方式を採用することにより、フェルネル設計時に穴位置の自由度を高めることができ、ファイバ穴の縦方向のピッチに対して0.25mm、0.5mmだけでなく他のファイバ間隔へも対応可能となる。また、60心、80心のような各段配列の場合にも、基準穴を縦方向に展開することができ、この基準穴の位置精度は0.25mm以下と高精度に加工されている。

また、タープファイバを多段に挿入する2次元配列型フェルネルにおいて、ファイバ間隔は、ファイバ取り付け時の作業性向上のため重要な部分である。そこで、図9のように、接合部充填部から見たファイバ間隔が、階状に配置される構造となるように金型設計を行った。

5. 特性

5.1 接続損失と反射減衰量
SM光ファイバを用いて作製した、2次元配列型MTコネクタの接続損失を測定した。測定はランダム測定で、屈折率適合剤を塗布して行った。測定波長は1.31μmである。フェルネルの接合部充填部と同一面に面に向けての接続を正接続、その反対を逆接続として測定した結果をそれぞれ示す。

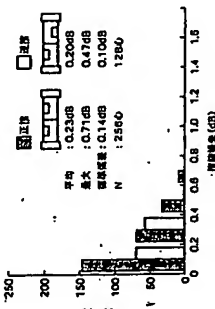


図10 16心MTコネクタの接続損失
Connection loss of 16-core MT connector

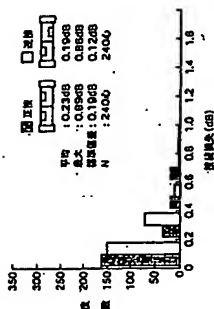


図11 24心MTコネクタの接続損失
Connection loss of 24-core MT connector

(1) 2次元16MTコネクタ

図10に2次元16MTコネクタの接続損失の測定結果を示す。8心2段のファイバ配列は、ガイド穴中心線に非対称であるため、逆接続の場合は中心線上の8心のみの測定となる。平均接続損失0.23dB、最大0.71dB以下で良好な結果が得られた。

(2) 2次元24MTコネクタ

図11に24MTコネクタの結果を示す。正接続、逆接続ともに平均接続損失0.23dB以下、最大0.90dB以下という結果が得られた。

(3) 2次元60MTコネクタ

図12に60MTコネクタの結果を示す。タープファイバを5段実装したコネクタにおいて、正接続、逆接続ともに平均接続損失0.25dB以下、最大1.4dB以下が達成された。

(4) 2次元80MTコネクタ

図13に80MTコネクタの結果を示す。平均接続損失は心数40心に対し、正接続で0.35dB、逆接続で0.34dBと良好な結果を得ることができた。

また、反射減衰量は、屈折率適合剤を用いているため平均50dB程度の良好な特性が得られている。

5.2 繰り返し接続試験

繰り返し着脱可能なMTコネクタにおいては、接続損失の再現性とガイド穴の閉入性が要求される。図14に2次元16MTコネクタ、図15に2次元60MTコネクタのクリップ接続方式による着脱試験結果を示す。連続500回の着脱を行い、接続損失の変動は0.24dB以内であり、良好な接続再

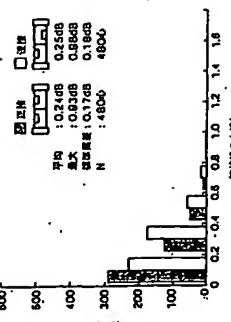


図12 60心MTコネクタの接続損失
Connection loss of 60-core MT connector

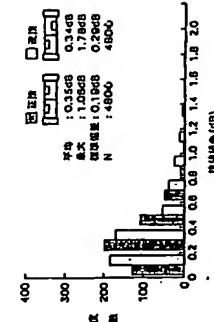


図13 80心MTコネクタの接続損失
Connection loss of 80-core MT connector

現性を示している。また、試験後のコネクタ接合面に著しい損傷は観察されなかった。

5.3 温度サイクル試験

前述のようにMTコネクタは、専用ハウジング・アダプタ等を用いることにより、MPOコネクタ、MPOバックブレンコネクタに代表されるブッシュ・オン・ブール接続型の簡易着脱式コネクタへと展開する。フェルールの寸法を必要最小限の2次元配列型MTコネクタは、既述のハウジングにそのまま組み込むことができるため、MPOコネクタのような簡易着脱式コネクタも構成部品の変更をすることなく高実装化が可能である。

また、本報告はフラット研磨で屈折率調整剤を用いる接合の経緯であるが、さらに2次元配列型MTのPC (Physical Contact) 研削技術を開発することにより、屈折率調整剤を用いないコネクタへと発展する。このPC研削は、MPOコネクタの研削技術に応用することにより実現可能である。

7. おわりに

我々は、光ケーブルの接続に広く使われているMTコネクタと同サイズのフェルールに、ファイバを2次元的に実装することが可能なMTコネクタを開発し、高実装性を実現した。その光学特性はシングルモードファイバで評価した結果、配列形態に関わらず良好であり、その実用性を確認した。

同時に、本コネクタが光ケーブルの超多心一括接続、および光インテグレーション技術のなかでコンピュータや交換機などの装置間の高密度接続などへ適用可能な見通しを得た。

参考文献

- 1) T. Satake, et al.: Plastic molded angle-mode fully-fiber connector, OFC'88, THJ2, 1988
- 2) 本報告は：超多心ファイバコネクタの基本設計と特性。

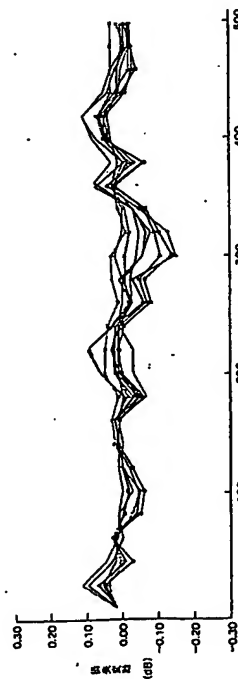


図14 16心MTコネクタの耐用試験
Durability test result of 16-fiber MT connector

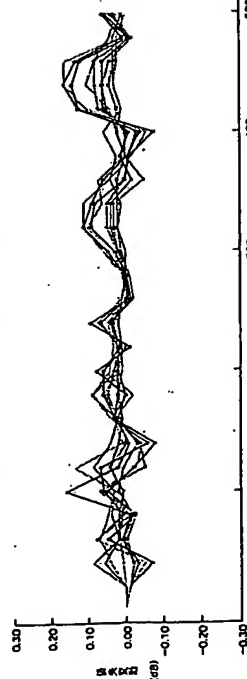


図15 60心MTコネクタの耐用試験
Durability test result of 60-fiber MT connector

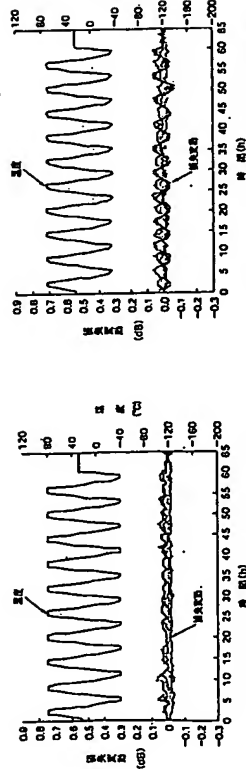


図16 24心MTコネクタのヒートサイクル特性
Temperature cycling characteristics of 24-fiber MT connector

図17 60心MTコネクタのヒートサイクル特性
Temperature cycling characteristics of 60-fiber MT connector

1999年電子情報通信学会春大会, B-300, 1999

- 3) 本報告は：コネクタ付き多心ケーブルの短時間接続技術の開発, 1998年電子情報通信学会ソサイエティ大会, B-997, 1998
- 4) 本報告は：光インテグレーション技術の動向と次世代型実装技術, NTT R&D Vol.40 No.3, pp.271-280, 1999
- 5) S. Nagasawa, et al.: Mechanically transferable single-mode multifiber connectors, IOOC '88, 21C2-1, pp.48-49, 1988
- 6) 本報告は：MTコネクタの開発, 1999年電子情報通信学会春大会, SC-5-2, 1999
- 7) K. Takizawa, et al.: Development of Mini-MPO Connector, 46th IWCS, 1997
- 8) 本報告は：16MFCコネクタの開発, 1993年電子情報通信学会春大会, C-318, 1993
- 9) S. Nagasawa, et al.: A high-performance single-mode multifiber connector using oblique and direct endface contact between multiple fibers arranged in a plastic ferrule, IEEE Photo. Tech. Lett. Vol.3, No.10, pp.937-939, 1991
- 10) 本報告は：バックパネル形多心光コネクタの開発, 1996年電子情報通信学会ソサイエティ大会, B-596, 1996
- 11) 本報告は：低損失多心光コネクタ, フジクラ技術, No.89, pp.5-9, 1995